

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-223971

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-021800

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 04.02.1997

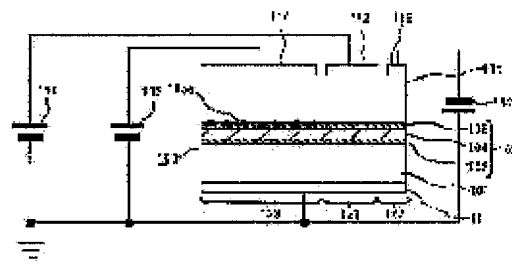
(72)Inventor : MATSUI YASUHIRO  
ARATAIRA SHIN  
OGAWA HIROSHI

## (54) SEMICONDUCTOR PULSE LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make passive mode synchronization to occur easily by providing a diffraction grating having a sampled grating structure in which recessing and projecting section forming areas and planar areas are repetitively formed at prescribed intervals in a Bragg reflecting mirror area.

**SOLUTION:** When a current is supplied to a gain area 121 from a power source 131, the area 121 acts as a gain medium and makes the light amplification required for light emission and laser oscillation. A saturable absorbing area 122 causes passive mode synchronization when a reversely biased voltage is applied across the area 122 from another power source 132. In addition, a Bragg reflecting mirror area 123 works as a wavelength filter incorporated in a resonator, because the area 123 is provided with a diffraction grating 105a. Namely, the area 123 controls the oscillation wavelength and limits the oscillation wavelength area. Therefore, the passive mode synchronization can be made to occur easily by suppressing the influence of refractive index dispersion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-223971

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-21800

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月4日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 松井 康浩

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 荒平 慎

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 小川 洋

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

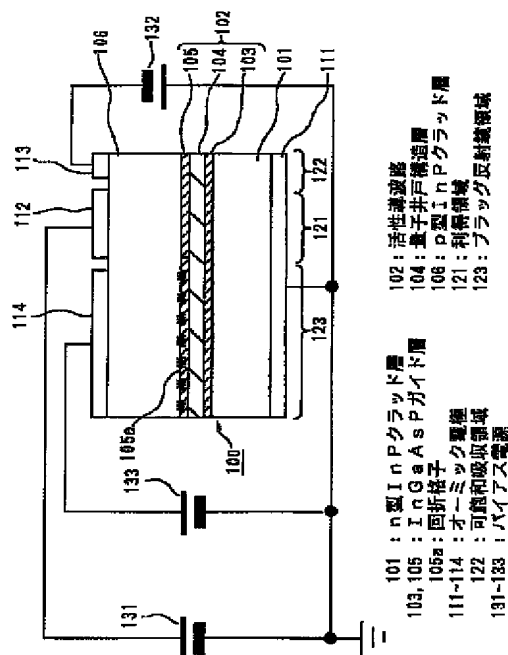
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 半導体パルスレーザ装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ブラッグ波長の反射ピークの両側に現れる各反射ピークの強度を向上させる。

【解決手段】 基板101上に利得領域121、可飽和吸収領域122およびブラッグ反射鏡領域123をそれぞれ形成してなる半導体パルスレーザ装置において、ブラッグ反射鏡領域123が、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造の回折格子105aを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に利得領域、可飽和吸収領域およびブラッグ反射鏡領域をそれぞれ形成してなる半導体パルスレーザ装置において、  
前記ブラッグ反射鏡領域が、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造の回折格子を備えたことを特徴とする半導体パルスレーザ装置。

【請求項2】 前記利得領域、前記可飽和吸収領域および前記ブラッグ反射鏡領域が、同一組成の半導体導波路を有することを特徴とする請求項1に記載の半導体パルスレーザ装置。

【請求項3】 前記凹凸形成領域が、均一周期の正弦波状に形成されたことを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の半導体パルスレーザ装置。

【請求項4】 凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造の回折格子を備えたブラッグ反射鏡領域を有する半導体パルスレーザ装置の製造方法において、  
前記ブラッグ反射鏡領域の導波路上に前記回折格子となるべき薄膜を形成する第1の工程と、  
この薄膜の全面に、導波方向に添って並ぶ凹凸を形成する第2の工程と、  
前記薄膜の所定領域にのみエッチングを施して平坦化することにより、前記凹凸形成領域と前記平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造を形成する第3の工程と、  
を備えたことを特徴とする半導体パルスレーザ装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば光計測や光通信等に用いる超短光パルス列を発生する半導体パルスレーザ装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、超短光パルス列を発生する半導体パルスレーザ装置として、分布反射型或は分布帰還型と称されるものが知られている。

【0003】このような半導体パルスレーザ装置を開示した文献としては、例えば、本発明者等による文献である Shin Arahira, Saeko Oshiba, Yasuhiro Maturi, Tatsuo Kuni, and Yoh Ogawa, "Terahertz-rate optical pulse generation from a passively mode-locked semiconductor laser diode", Optics Letters, vol. 19, No. 11, 1994. (以下「文献1」と記す)や、半導体レーザと光集積回路、末松安晴著、オーム社、325-339頁(以下「文献2」と記す)等が知られている。

【0004】上述の文献1に記載された半導体パルスレーザ装置は、電流の注入により光の発生および増幅を行なう利得領域と、この利得領域と同一の構造を有する可

飽和吸収領域と、バンドギャップ波長が利得領域よりも短い組成からなる受動導波路(位相調整領域)と、受動導波路と同じバンドギャップ組成からなり、表面に回折格子が設けられたブラッグ反射鏡領域とを備え、これらの各構成部を集積化することによって構成されている。また、文献1では、各領域の導波方向の長さを、利得領域が750 $\mu\text{m}$ 、可飽和吸収領域が75 $\mu\text{m}$ 、受動導波路が150 $\mu\text{m}$ 、ブラッグ反射鏡領域が120 $\mu\text{m}$ としており、したがって素子の全長は約1100 $\mu\text{m}$ である。

【0005】このような分布反射型或は分布帰還型の半導体パルスレーザ装置において、ブラッグ反射鏡領域の回折格子は、ガイド層に周期的な凹凸構造を設けることによって構成されている。このような周期構造(グレーティング)を設けることにより、反射する光の間でブラッグ反射を生じさせて、光パルス出力を生成することができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】かかる半導体パルスレーザ装置において、光パルス出力の繰り返し周波数は、素子の全長や利得領域への注入電流等で決定される。例えば、文献1に開示されている半導体パルスレーザ装置(全長約1100 $\mu\text{m}$ )では、可飽和吸収領域を接地した状態で利得領域に76mAの電流を注入した場合には、繰り返し周波数は、素子の周回周波数にあたる38.8GHzとなる(この繰り返し周波数を「基本繰り返し周波数」という)。また、利得領域の注入電流を137mA、154mA、179mAと増加させていくと、繰り返し周波数は、基本繰り返し周波数の10倍、20倍、40倍にあたる400GHz、800GHz、1540GHzに増加し、高次のモード同期を得ることができる。

【0007】これに対して、本発明者等の検討によれば、素子の全長に依存させることなく光パルス出力の繰り返し周波数を設定することが可能である(上記文献1参照)。以下、この方法について説明する。

【0008】図4は、従来の半導体パルスレーザ装置における、ブラッグ反射鏡領域の反射特性を概念的に示すグラフである。同図に示したように、ブラッグ反射鏡領域は、ブラッグ波長(ブラッグの反射条件を満たす波長) $\lambda$ 。に一致した反射率ピーク $\alpha_0$ 。の近傍に、周期的な小さい反射率ピークである $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{12}$ 、 $\dots$ および $\alpha_{21}$ 、 $\alpha_{22}$ 、 $\dots$ を有している。

【0009】本発明者等の検討によれば、これらの各反射率ピーク $\alpha_0$ 、 $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{12}$ 、 $\dots$ および $\alpha_{21}$ 、 $\alpha_{22}$ 、 $\dots$ で反射する各反射光の間でモード同期を起こさせることにより、素子の全長に依存させることなく繰り返し周波数が非常に高い光パルス出力を得ることができる。

【0010】ここで、ブラッグ反射鏡領域におけるブラ

ラッグ波長 $\lambda_B$ は、次式(1)で与えられる。なお、 $\Lambda$ はブラッグ反射鏡領域の回折格子が有する凹凸の周期(グレーティングピッチ)、 $n_{eq}$ はブラッグ反射鏡領域が有する導波路の等価屈折率である。

【0011】

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{eq} \cdot \Lambda \quad \dots (1)$$

また、各反射率ピーク $\alpha_0$ 、 $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{12}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{21}$ 、 $\alpha_{22}$ 、 $\dots$ の間隔(すなわち、これらの各反射率ピークで反射する反射光の波長差) $\Delta\lambda$ は、このブラッグ波長 $\lambda_B$ を用いた式(2)で与えられる。なお、 $L_{eff}$ は、ブラッグ反射鏡領域に侵入した光の強度が $1/e$ ( $e=2.72$ )になる距離である。この $L_{eff}$ は、グレーティングが深くなるほど(すなわち凹凸の高さの差が大きくなるほど)短くなる。

【0012】

$$\Delta\lambda = \lambda_B / (2 \cdot n_{eq} \cdot L_{eff}) \quad \dots (2)$$

ここで、文献1に開示した半導体パルスレーザ装置においては、 $L_{eff}$ は $100\mu m$ 程度であり、また、これより、波長差 $\Delta\lambda$ は $3.1nm$ 程度と計算される。そして、この波長差 $\Delta\lambda$ を周波数に換算すると、 $400GHz$ となる。

【0013】このように、図4に示した各反射率ピーク $\alpha_0$ 、 $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{12}$ 、 $\dots$ および $\alpha_{21}$ 、 $\alpha_{22}$ 、 $\dots$ で反射する各反射光の間でモード同期を起こさせることにより、非常に高い基本繰り返し周波数を得ることができる。

【0014】実際、上述したような、図4に示した各反射率ピークのモード同期を用いない方法(周回周波数によって基本繰り返し周波数が決定される方法)の場合に、基本周波数を $400GHz$ に設定しようとする、素子の全長を約 $100\mu m$ としなければならない。このように短い素子を実際に製造することは、製造技術上、非常に困難である。これに対して、各反射率ピークのモード同期を用いる方法では、素子の全長を極端に短くすることなく、非常に高い繰り返し周波数を得ることができるので、このような製造技術上の問題を生じることはない。

【0015】実際には、波長間隔 $\Delta\lambda=3.1nm$ の各波長の間でモード同期を生じさせるためには、利得の回復時間、すなわち利得領域でのパルスが通過した後一旦減少した利得が回復するための時間を速くしなければならないため、利得領域のポンピングレートを上げることが必要となる。例えば、利得領域の活性導波路への注入電流を $137mA$ に増大させることにより、10次のモード同期が可能となる。さらに、この注入電流を $154mA$ まで増大させると、波長間隔 $\Delta\lambda=3.1nm$ の各波長のうち、1つおきのモードの間(すなわち $6.3nm$ 間隔)で発振を起こすことができ、このときの繰り返し周波数は $800GHz$ となる。続いて、この注入電流を $179mA$ まで上昇させると、波長間隔 $\Delta\lambda=3.1nm$ の各波長のうち、2つおきのモードの間(すなわち $12.5nm$ 間隔)で発振を起こすことができ、このときの繰り返し周波数は $1540GHz$ となる。

【0016】しかしながら、この方法(図4に示した各反射率ピークのモード同期を用いる方法)には、反射率ピーク $\alpha_0$ (すなわちブラッグ波長 $\lambda_B$ に対応する反射率ピーク)の近傍に現れる各反射率ピーク $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{12}$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_{21}$ 、 $\alpha_{22}$ 、 $\dots$ の反射率が、この反射率ピーク $\alpha_0$ から遠ざかるにしたがって小さくなるため、発振に必要なしきい値利得が増大してしまい、高次のモード同期になるほど発振が困難になるという欠点があった。

【0017】すなわち、図4からわかるように、ブラッグ波長 $\lambda_B$ に対応する反射率ピーク $\alpha_0$ の反射率を100%とすると、その両側の反射率ピーク $\alpha_{11}$ 、 $\alpha_{21}$ の反射率は通常数パーセントとなってしまふ。この傾向は、グレーティングが深くなるほど(すなわち凹凸の高さの差が大きくなるほど)顕著となり、また、このグレーティングが長くなるほど顕著となる。

【0018】このように、高次のモードの発振が困難であると、モード同期に寄与するモードの数を制限することとなるので、光パルス出力の繰り返し周波数を向上させる上での障害となっていた。

【0019】このため、ブラッグ波長に対応する反射率ピークの両側に現れる各反射率ピークの反射率を向上させる技術が囑望されていた。

【0020】

【課題を解決するための手段】

(1)第1の発明に係る半導体パルスレーザ装置は、基板上に利得領域、可飽和吸収領域およびブラッグ反射鏡領域をそれぞれ形成してなる半導体パルスレーザ装置において、ブラッグ反射鏡領域が、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造の回折格子を備える。

【0021】このような構成によれば、ブラッグ波長に対応する反射率ピークの両側に現れる各反射率ピークの反射率を向上させることができる。

【0022】(2)第2の発明に係る半導体パルスレーザ装置の製造方法は、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造の回折格子を備えたブラッグ反射鏡領域を有する半導体パルスレーザ装置の製造方法において、ブラッグ反射鏡領域の導波路上に回折格子となるべき薄膜を形成する第1の工程と、この薄膜の全面に、導波方向に添って並ぶ凹凸を形成する第2の工程と、薄膜の所定領域にのみエッチングを施して平坦化することにより、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造を形成する第3の工程とを備える。

【0023】このような構成によれば、ブラッグ波長に対応する反射率ピークの両側に現れる各反射率ピークの

反射率を向上させることができる半導体パルスレーザ装置を簡単な工程で製造することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。なお、図中、各構成成分の大きさ、形状および配置関係は、この発明が理解できる程度に概略的に示してあるにすぎず、また、以下に説明する数値的条件は単なる例示にすぎないことを理解されたい。

【0025】図1は、この実施の形態に係る半導体パルスレーザ装置の構成を概念的に示す図である。

【0026】同図に示したように、半導体パルスレーザ素子100において、n型InPクラッド層101としての半導体基板の表面には、活性導波路102が形成されている。

【0027】この活性導波路102は、InGaAsPガイド層103、105および量子井戸構造層104によって構成されている。

【0028】すなわち、厚さが約150 $\mu\text{m}$ のInGaAsPガイド層103の表面には、バンドギャップ波長として1.55 $\mu\text{m}$ 近傍の値を持つ量子井戸構造層104が形成されている。この実施の形態では、この量子井戸構造層104として、厚さが約7nmでバンドギャップ波長が約1.67 $\mu\text{m}$ のInGaAs層からなるウェルと厚さが14nmでバンドギャップ波長が1.3 $\mu\text{m}$ のInGaAsP層とを交互に積層してなる五層構造のものを使用した。

【0029】そして、この量子井戸構造層104の表面には、InGaAsPガイド層105が形成されている。ここで、このInGaAsPガイド層105のうち、ブラッグ反射鏡領域123となるべき領域の表面の部分には、凹凸形成領域と平面領域とを所定間隔で繰り返してなるサンプルドグレーティング構造（後述の図2参照）が形成されており、これにより、この部分のInGaAsPガイド層105は回折格子105aを構成している。

【0030】さらに、このInGaAsPガイド層105の表面には、p型InPクラッド層106が形成されている。

【0031】また、n型InPクラッド層101の裏面全面には、Au等からなるオーミック電極111が形成されている。そして、このオーミック電極111は、接地されている。

【0032】一方、p型InPクラッド層106の表面のうち、InGaAsPガイド層105に回折格子105aが形成されていない領域上には、Au等からなるオーミック電極112、113が形成されている。そして、オーミック電極112と上述のオーミック電極111との間には、電源131が順方向に接続されている。

さらに、オーミック電極113とオーミック電極111

との間には、電源132が逆バイアス方向に接続されている。半導体パルスレーザ素子100のうち、表面にオーミック電極112が形成された領域は利得領域121となり、また、表面にオーミック電極113が形成された領域は可飽和吸収領域122となる。

【0033】さらに、この半導体パルスレーザ素子100のうち、InGaAsPガイド層105に回折格子105aが形成されている領域は、ブラッグ反射鏡領域123となる。そして、この領域123のp型InPクラッド層106の表面には、Au等からなる4個のオーミック電極114が、導波方向に添って配置されている。そして、これらのオーミック電極114とオーミック電極111との間には、電源133が、順方向に接続されている。

【0034】この実施の形態では、利得領域121の長さを800 $\mu\text{m}$ 、可飽和吸収領域122の長さを50 $\mu\text{m}$ 、ブラッグ反射鏡領域123の長さを1600 $\mu\text{m}$ とした。したがって、半導体パルスレーザ素子100の全長は、2450 $\mu\text{m}$ である。

【0035】なお、これらの各領域121、122、123間は、十分な電気的アイソレーションを持っており、電気的な干渉効果は無いものとする。

【0036】ここで、n型InPクラッド層101の表面にInGaAsPガイド層103、量子井戸構造層104、InGaAsPガイド層105およびp型InPクラッド層106を形成する方法としては、通常の薄膜堆積技術を使用することができる。

【0037】また、InGaAsPガイド層105にサンプルドグレーティング構造を形成するためには、例えば、まず、従来の様なグレーティング構造の作製技術を用いてInGaAsPガイド層105の表面に凹凸構造を形成し、次に、この凹凸構造の一部について公知の化学エッチング処理を施すことにより平面領域を形成すればよい。

【0038】オーミック電極112、113、114は、例えば、p型InPクラッド層106の表面全域にAu等の電極材料による薄膜を蒸着した後、この薄膜の一部を通常のフォトリソグラフィ技術を用いた化学エッチング等によって除去することで、形成することができる。

【0039】図2は、この実施の形態にかかるサンプルドグレーティング構造を概略的に示す断面図である。

【0040】同図に示したように、回折格子105aをなすInGaAsPガイド層105の表面には、同一の長さの凹凸形成領域201と同一の長さの平面領域202とが、交互に形成されている。すなわち、このようにして、InGaAsPガイド層105の表面に、正弦波状のサンプルドグレーティング構造が、均一の周期で形成されている。

【0041】この実施の形態では、このサンプルドグレ

ーティング構造のうち、各凹凸形成領域201の幅 $L_1$ を例えば $15\mu\text{m}$ 、各平面領域202の幅 $L_2$ を例えば $65\mu\text{m}$ とした。すなわち、このサンプルドグレーティング構造の一周期の長さ $\Lambda_z$ は、約 $80\mu\text{m}$ とした。また、凹凸形成領域201内のグレーティングについては、一周期 $\Lambda_z$ を約 $240\text{nm}$ とし、振幅 $A$ を約 $50\text{nm}$ とした。

【0042】次に、この実施の形態にかかる半導体パルスレーザ装置の動作原理について説明する。

【0043】図1に示した半導体パルスレーザ素子100において、利得領域121は、電源131から電流を注入されることにより利得媒体として作用し、光の発生およびレーザ発振に必要な光の増幅を行なう。また、可飽和吸収領域122は、電源132によって逆バイアス電圧を印加されることにより、受動モード同期を起こさせる。さらに、ブラッグ反射鏡領域123は、回折格子105aを設けたことにより、共振器内に組み込まれた波長フィルタとして動作する。すなわち、このブラッグ反射鏡領域123により、発振波長の制御および発振波長域の制限を行ない、これにより屈折率の分散の影響を抑えて受動モード同期を起こり易くすることができる。

【0044】図3は、この実施の形態にかかるブラッグ反射鏡領域123の反射特性のシミュレーション結果を示すグラフであり、縦軸は反射率、横軸は光の波長( $\text{nm}$ )を示している。このグラフでは、上述のように $\Lambda_z = 80\mu\text{m}$ 、 $L_1 = 15\mu\text{m}$ とし、また結合係数 $k$ を $100\text{cm}$ 、導波損失を $0\text{cm}^{-1}$ とした。

【0045】この実施の形態にかかる半導体パルスレーザ装置では、ブラッグ反射鏡領域123における反射ピークの間隔 $\Delta\lambda$ は、次式(3)で与えられる。

$$\Delta\lambda = 2 \cdot n_{aq} \cdot \Lambda_z \quad \dots (3)$$

ここでは、上述のように $\Lambda_z = 80\mu\text{m}$ であり、また活性導波路102の等価屈折率 $n_{aq}$ は3.25程度であるので、反射ピークの間隔 $\Delta\lambda$ は $5\text{nm}$ 程度となる。

【0047】上述したように、従来の半導体パルスレーザ装置においては、反射ピークの間隔 $\Delta\lambda$ は $L_{gr}$ に依存し(式(2)参照)、このため、この $\Delta\lambda$ はブラッグ反射鏡領域の長さに左右されてしまう。これに対して、この実施の形態にかかる半導体パルスレーザ装置では、反射ピークの間隔 $\Delta\lambda$ は、ブラッグ反射鏡領域123の全体の長さではなく、サンプルドグレーティング構造の一周期の長さ $\Lambda_z$ に依存する。

【0048】図3からわかるように、各反射ピークの頂点を結ぶ法絡線は、回折格子105aが一樣グレーティング構造(すなわち従来の半導体パルスレーザ装置の回折格子の構造)を採る場合の反射ピークの形状とほぼ同様の形状を持っている。ここで、回折格子105aが一樣グレーティング構造を採る場合の反射ピークの間隔 $\Delta\lambda$ は、サンプルドグレーティング構造の一周期の長さ

$\Lambda_z$ に凹凸形成領域の幅 $L_1$ を代入することによって得られ、したがって次式(4)で与えられる。

$$\Delta\lambda = 2 \cdot n_{aq} \cdot L_1 \quad \dots (4)$$

このため、上述の法絡線のピッチも、この式(4)で与えられる $\Delta\lambda$ に一致する。この実施の形態に係るブラッグ反射鏡領域123では、 $L_1 = 15\mu\text{m}$ なので、式(4)より、法絡線のピッチは $40\text{nm}$ となる。すなわち、この実施の形態によれば、 $40\text{nm}$ という非常に広い範囲(図3の波長 $1535\text{nm} \sim 1575\text{nm}$ の範囲)で、高い反射率の反射ピークを複数本得ることができる。

【0050】この実施の形態にかかる半導体パルスレーザ装置では、これらの高反射率の反射ピーク(図3の波長 $1535\text{nm} \sim 1575\text{nm}$ 付近の反射ピーク)の間でモード同期を起こさせることにより、光パルス出力の繰り返し周波数を得る。

【0051】これらの各反射ピークの間でモード同期を起こさせる際には、まず、電源131を用いて、半導体パルスレーザ素子100(図1参照)の利得領域121に電流注入を行なう。この状態でレーザ発振をさせた場合、利得領域121で生成されたスペクトル(利得スペクトル)のピーク波長の近傍で、ブラッグ反射鏡領域123の各反射ピークに一致した波長における複数モードでのレーザ発振を行なうことができる。

【0052】例えば、この実施の形態の場合、ブラッグ反射鏡領域123の各反射ピークのうちで、使用される反射ピークが存在する波長幅は $40\text{nm}$ (すなわち波長 $1535\text{nm} \sim 1575\text{nm}$ の範囲)なので、最大で8~9本程度の縦モードを同時に発振させることができる。

【0053】そして、この状態で、バイアス電源132を用いて可飽和吸収領域122に逆バイアス電圧を印加することにより、この可飽和吸収領域122の吸収回復時間を高速化して、各発振モードの位相関係を固定化し、モード同期を実現することができる。

【0054】この実施の形態の場合には、モードの波長間隔は $5\text{nm}$ であるので、繰り返し周波数 $650\text{GHz}$ の光パルス出力を得ることができる。

【0055】このようにして、この実施の形態にかかる半導体パルスレーザ装置によれば、ブラッグ波長の反射ピークの両側に現れる各反射ピークの強度を向上させることができる。そして、これにより、発振に必要なしきい値利得を低減させて、高次のモード同期による発振を容易に行なうことができる。

【0056】すなわち、この実施の形態にかかる発明によれば、ブラッグ波長の反射ピークの両側に現れる各反射ピークを用いたレーザ発振を、容易に実現することができる。

【0057】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、この発明にかかる半導体パルスレーザ装置によれば、ブラッグ波長の反射ピークの両側に現れる各反射ピークの強度を向上させることができるので、これらの各反射ピークを用いたモード同期によってレーザ発振を容易に実現することが可能となる。そして、これにより、発振波長の間隔を素子の共振器長ではなくサンプルドグレーティング構造の一周期の長さによって設定することができる。したがって、この発明にかかる半導体パルスレーザ装置によれば、繰り返し周波数を非常に高く設定する場合でも素子長を極端に短くする必要がないので、素子の作製が容易となる。さらに、モード同期に寄与するスペクトルの範囲（波長の範囲）を拡大することができるので、パルス幅が小さい素子を容易に得ることができる。

【0058】また、この発明にかかる半導体パルスレーザ素子の製造方法によれば、上述のこの発明にかかる半導体パルスレーザ素子を簡単な製造工程で安価に製造することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態に係る半導体パルスレーザ装置

\* 置の構成を概念的に示す図である。

【図2】発明の実施の形態に係るサンプルドグレーティング構造を概略的に示す断面図である。

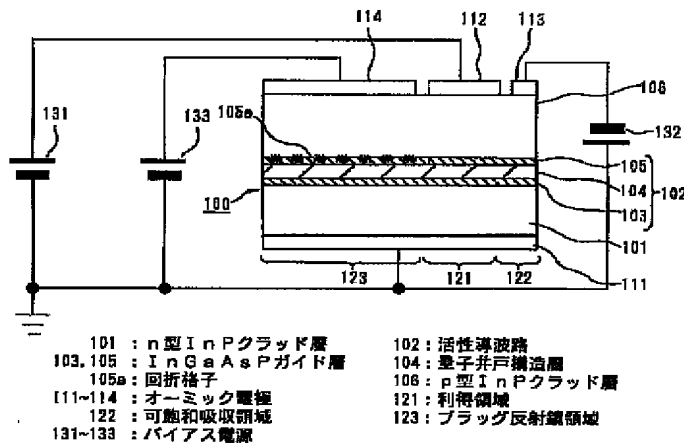
【図3】発明の実施の形態に係るブラッグ反射鏡領域の反射特性のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図4】従来の半導体パルスレーザ装置に係るブラッグ反射鏡領域の反射特性を概念的に示すグラフである。

【符号の説明】

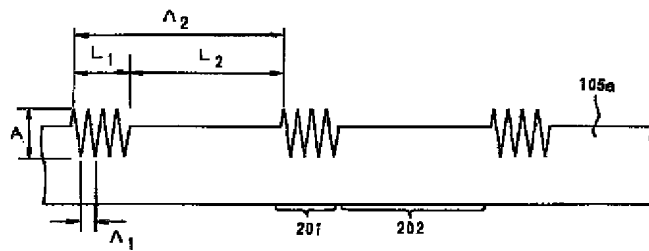
- 100 半導体パルスレーザ素子
- 101 n型InPクラッド層
- 102 活性導波路
- 103, 105 InGaAsPガイド層
- 104 量子井戸構造層
- 105a 回折格子
- 106 p型InPクラッド層
- 111~114 オーミック電極
- 121 利得領域
- 122 可飽和吸収領域
- 123 ブラッグ反射鏡領域
- 131~133 バイアス電源

【図1】



実施の形態の構造図

【図2】

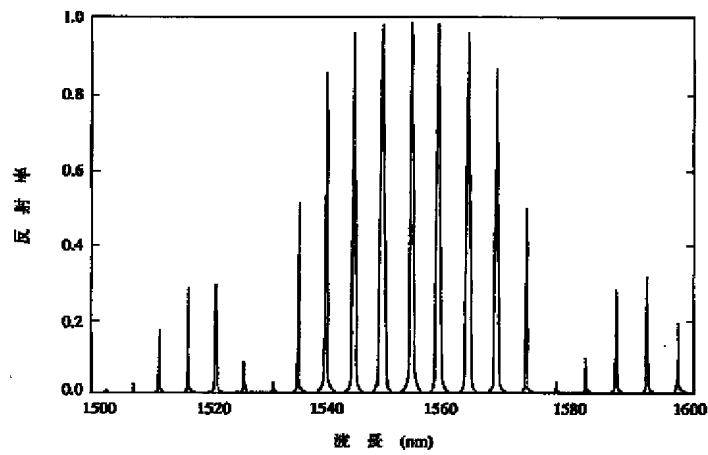


201: 凹凸形成領域

202: 平面領域

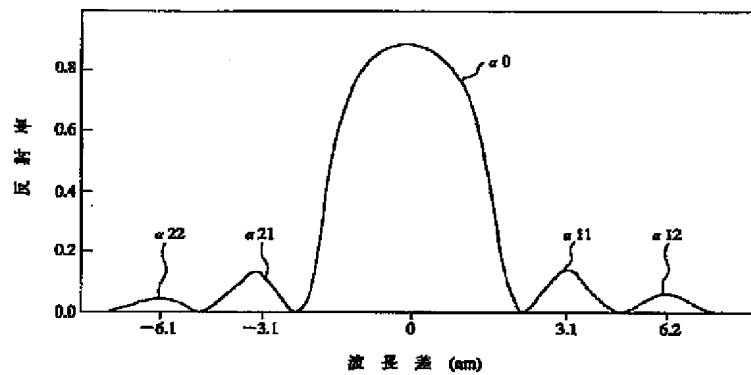
サンプルドグレーティング構造の説明図

【図3】



実施の形態のブラッグ反射特性図

【図4】



従来のブラッグ反射特性図